

Aus der Strahlenklinik und -institut
der Freien Universität Berlin Klinikum Steglitz

Direktor: Prof. Dr. H. Oeser

DIE THERMOGRAPHIE DER NICHT CARCINOMATÖSEN WEIBLICHEN MAMMA

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Barbara Thiele
Berlin

1972



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553616_0120

Aus der Strahlenklinik und -institut
der Freien Universität Berlin Klinikum Steglitz

Direktor : Prof. Dr. H. Oeser

DIE THERMOGRAPHIE DER NICHT CARCINOMATÖSEN WEIBLICHEN MAMMA

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Barbara Thiele
Berlin

Referent: Prof. Dr. med. Helmut Ernst
Korreferent: Prof. Dr. med. Heinz Oeser



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 30. Mai 1972

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Ziel der Arbeit	5
1.1. Definition und Relevanz der medizinischen Thermographie	5
1.2. Thermometrie und Thermographie mit Hilfe der Wärmeleitung	6
1.3. Thermometrie und Thermographie mit Hilfe der Infrarot-Eigenstrahlung der Haut	7
1.3.1. Entdeckung der Infrarotstrahlen als Wärmestrahlen	7
1.3.2. Strahlenphysikalische Grundlagen der Infrarot-Thermographie	7
1.3.3. Messung und Sichtbarmachen der Infrarotstrahlen	9
1.3.3.1. Evapographie	9
1.3.3.2. Die Entwicklung der Detektoren	9
1.3.3.3. Geräte zur Messung der Infrarotstrahlung	10
2. Methode	12
2.1. Prinzip und Wirkungsweise der AGA-Thermovisions-Kamera	12
2.1.1. Messung von Temperaturdifferenzen	13
2.1.2. Registrierverfahren	14
2.1.3. Diagnostische Möglichkeiten der Infrarot-Kamera	14
2.1.4. Vorteile der Thermovisionsmethode	15
2.2. Untersuchungsangang	15
2.2.1. Anamnese und Status	15
2.2.2. Diagnostische Hilfsmittel	16
2.2.3. Vorbereitung der Patienten	18
2.2.4. Spezielle Untersuchungstechnik	18
2.3. Auswertung der Thermogramme	19

	Seite
3. Ergebnisse	21
3.1. Krankengut	21
3.2. Thermographisches Bild	21
3.3. Mittelwerte des Temperaturumfanges	24
3.4. Infrarotphoto	26
3.5. Korrelation Thermogramm - Infrarotphoto	28
3.6. Der Einfluß des Alters auf das Thermogramm	28
3.7. Adipositas und Wärmeverteilung	29
3.8. Gynäkologische Anamnese	30
3.8.1. Hormonapplikation	30
3.8.2. Weitere Einzelheiten der gynäkologischen Anamnese	32
3.9. Korrelation klinische Diagnose - Thermogramm	33
3.10. Maximale Temperaturdifferenzen	33
4. Diskussion	36
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	43
Literaturverzeichnis	44

1. Einleitung und Ziel der Arbeit

1.1. Definition und Relevanz der medizinischen Thermographie

Jeder tierische Organismus ist in der Lage, durch oxydative Stoffwechselvorgänge die zum Leben notwendige Wärme zu erzeugen. Beim Menschen bleibt diese Körpertemperatur von der Umgebungstemperatur unbeeinflusst; sie wird von Zentren des Zwischenhirnes normalerweise auf einem Niveau von 37°C gehalten. Im Krankheitsfalle dagegen erfolgt eine Steigerung der Verbrennungsvorgänge, die einen Anstieg der Wärmebildung und damit der Körpertemperatur nach sich zieht. Die zentrale Regulation bleibt bestehen, das Niveau ist jedoch erhöht. Mit einem Fieberthermometer kann man das Ausmaß der Temperaturerhöhung bestimmen, die Messung läßt sich aber nur an jeweils einem Punkt der Körperoberfläche durchführen.

Neben Krankheitsprozessen, die mit einer allgemeinen Stoffwechselsteigerung und damit auch allgemeinen Temperaturerhöhung einhergehen, können lokal begrenzte Prozesse (Entzündungen, Tumoren usw.) örtliche Stoffwechselsteigerungen und damit auch nur örtliche Temperatursteigerungen ("Calor" bei Entzündungen) hervorrufen. Lokale Durchblutungsstörungen gehen dagegen mit einer Verringerung der Hauttemperatur des perfusionsgestörten Körperabschnittes einher.

Der Nachweis örtlich begrenzter Temperaturdifferenzen kann demnach für die Diagnose und Lokalisation von (klinisch noch latenten) pathologischen Prozessen bedeutungsvoll sein. Die Forderung nach einer Darstellung der Wärmeverteilung auf größeren Arealen der Körperoberfläche ist prinzipiell zu realisieren durch die Thermometrie und Thermographie.

Unter Thermometrie ist demnach die Messung, unter Thermographie die Darstellung der Wärmeverteilung auf der Körperoberfläche des Menschen zu verstehen. Um zu einer Darstellung dieser Temperaturverteilung zu kommen, wurden zwei verschiedene Wege beschritten:

1. die Messung der Temperaturverteilung mit Hilfe der Wärmeleitung
2. die Messung mit Hilfe der Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung).

1.2. Thermometrie und Thermographie mit Hilfe der Wärmeleitung

Die Messung der Wärmeleitung erfordert den Kontakt mit der Haut. Das einfachste Gerät dafür ist das bereits erwähnte Kontaktthermometer, das jedoch nur punktförmige Messungen erlaubt und somit für die Temperaturbestimmung auf größeren Hautbezirken nicht in Frage kommt.

Leuchtphosphore, u.a. in Form von Flüssigkristallen, die auf die Haut als Filmschicht aufgetragen werden, eignen sich zur Darstellung des Temperaturmusters über einer Körperregion. Diese Leuchtphosphore ändern durch Anregung (= Wärme, UV-Strahlung, akustische Energie etc.) ihre Kristallstruktur und damit ihre Farbe. Ein Nachteil ihrer Anwendung ist, daß diese Leuchtphosphore eine toxische Wirkung insbesondere infolge des Zink-Cadmium-Sulfit-Gehaltes ausüben können. Für Routine-Untersuchungen sind sie deshalb nicht geeignet.

1.3. Thermometrie und Thermographie mit Hilfe der Infrarot-Eigenstrahlung der Haut

1.3.1. Entdeckung der Infrarotstrahlen als Wärmestrahlen

Im Jahre 1800 entdeckte Sir William HERSCHEL (11), daß ein elektromagnetisches Spektrum Strahlen jenseits vom Rot enthalten müsse, die einen Temperaturanstieg auf einem Quecksilberthermometer verursachen. Er nannte diese Strahlen "infrared waves" - infrarote Wellen.

Die Folgeentwicklung hat gezeigt, daß die Infrarotstrahlen elektromagnetische Wellen sind. Sie werden von jeder Oberfläche oberhalb des absoluten Nullpunktes ausgesandt und benötigen kein Medium zu ihrer Übertragung. Demnach sendet auch die Haut des Menschen solche Strahlen aus, die man messen kann.

1.3.2. Strahlenphysikalische Grundlagen der Infrarot-Thermographie

Nach dem Kirchhoff'schen Gesetz gilt für alle Temperaturstrahler, daß das Verhältnis von Emissionsvermögen "E" und Absorptionsvermögen "A" bei gegebener Temperatur konstant und gleich dem Emissionsvermögen des "Schwarzen Körpers" ist. (Der "Schwarze Körper" hat definitionsgemäß das Absorptionsvermögen 1, d.h. auffallende Strahlungsenergie wird von einem "Schwarzen

Körper" vollständig absorbiert). Das Kirchhoff'sche Gesetz lautet:

$$\frac{E}{A} = F(\lambda, T)$$

$F(\lambda, T)$, der Betrag des Emissionsvermögens eines "Schwarzen Körpers" mit der absoluten Temperatur T und bei der Wellenlänge λ ist dabei nach dem Planck'schen Strahlungsgesetz eine monoton ansteigende Funktion von T : Werden zwei "Schwarze Körper" mit den Temperaturen T_1 und T_2 , $T_1 > T_2$, verglichen, so ist auch $F(\lambda, T_1) > F(\lambda, T_2)$!

Die pro Zeiteinheit emittierte Strahlungsenergie ist bei gegebener Wellenlänge um so größer, je höher die Temperatur des "Schwarzen Körpers" ist. Für die menschliche Haut gilt nun, daß im interessierenden Spektralbereich $0,8 \mu$ bis einige μ - das Absorptionsvermögen nahezu konstant und annähernd gleich eins ist (9,27). Anders als im Bereich des sichtbaren Lichtes haben weder Pigmentierungen im Infrarotbereich Einfluß auf das Emissionsvermögen, noch ist das Emissionsvermögen individuell kritisch unterschiedlich. Pigmentierungen sind im Infrarot "unsichtbar", und die bei gegebener Temperatur und Wellenlänge pro Zeiteinheit emittierte Strahlungsenergie ist unabhängig vom Individuum.

Aus einer Messung der Intensität der von der Haut emittierten Infrarotstrahlung läßt sich also die Temperatur der Haut eindeutig bestimmen (das Emissionsvermögen ist eine eindeutige, monotone und für alle Individuen gleiche Funktion der absoluten Temperatur).

1.3.3. Messung und Sichtbarmachen der Infrarotstrahlen

1.3.3.1. Evapographie

Sir John HERSCHEL, der Sohn von Sir William H., versuchte als erster im Jahre 1840 (10), die neuentdeckten Infrarotstrahlen sichtbar zu machen. Er bewies die Wärmeübertragung durch Infrarotstrahlung mit Hilfe der Verdampfung von Alkohol auf berußtem Papier, eine Methode, die 1929 von CZERNY (1) als "Evapographie" bezeichnet wurde.

LAWSON (16) entwickelte 1956 nach diesem Prinzip eine Ölfilm-Kamera mit Infraroptik. Das optische System fokussiert die ausgesandte Infrarotstrahlung und bildet sie an einer ölbedeckten, geschwärzten Membran ab. Das Öl verdampft durch die Infrarotstrahlung und läßt Schlierenbilder entstehen, mit deren Hilfe man die Temperatur feststellen kann. Das thermische Auflösungsvermögen beträgt $0,3^{\circ}\text{C}$ (16).

1.3.3.2. Die Entwicklung der Detektoren

In der folgenden Zeit wurden weitere Geräte zur Messung der Infrarotstrahlung entwickelt. Es erwies sich dabei als schwierig, geeignete Detektoren zu finden. Die anfangs verwandten "Thermistoren" (temperaturabhängige Widerstände) und Thermoelemente ("Thermopiles", "Thermocouples") waren zwar hitzeempfindlich, reagierten aber zu träge. Daher war mit der Entwicklung der photokonduktiven, stickstoffgekühlten Indium-Antimon-Kristalle ein entscheidender Fortschritt verbunden: hierbei wird nämlich die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von Indium-Antimonid von der Intensität auffallender Infrarotstrahlen ausgenutzt. Einer Änderung der Intensität der Infrarotstrahlen folgt die

Leitfähigkeit des Indium-Antimonid so schnell, daß es möglich ist, über die Steuerung der Helligkeit des Bildpunktes auf einem Oscilloscop die Wärmeverteilung auf der Oberfläche des Objektes ähnlich wie in einem Fernsehbild sichtbar zu machen. Dabei wird eine Bildfrequenz von 16 Hz erreicht: auch relativ schnell verlaufende Änderungen der Wärmeverteilung können also sichtbar gemacht werden. Auf diesem Prinzip beruhen alle heute in der medizinischen Thermographie verwendeten "Infrarot-Kameras".

Der kanadische Chirurg LAWSON (Montreal, 16,17,18,19, 20) verwandte 1957 (16) erstmals ein Gerät mit einem solchen Indium-Antimon-Detektor für größere Untersuchungsreihen und bezeichnete diese Methode der Wärmemessung als "Thermographie". 1961 unternahmen LLOYD WILLIAMS u.a. (21,22) weitere Serienuntersuchungen, ebenso 2 Jahre später LAWSON und CHUGTAI (18) und 1964 GERSHON-COHEN und HABERMAN (4,5,6). Neue Untersuchungen und Veröffentlichungen folgten nun so unmittelbar aufeinander, daß schon im Jahre 1965 GERSHON-COHEN und Mitarbeiter (7) einen zusammenfassenden Bericht über die "Medical Thermography" abgeben konnte.

1.3.3.3. Geräte zur Messung der Infrarotstrahlung

"Thermoscan" (LAWSON 1956, 8,15): Über eine Apparatur mit drehbarem Spiegelsystem wird die Infrarotstrahlung des Körpers auf eine Indium-Antimon-Zelle geleitet.

KROEBEL und VANSELOW entwickelten im Jahre 1959 (2,3, 15) ein Gerät, das die Temperaturen auf der gesamten Körperoberfläche messen kann. Um den Patienten rotiert eine hohe Trommel, an deren Wand sich als Detektor eine mit CO₂ gekühlte PbS-Photozelle befindet. Die Zelle bewegt sich pro Umdrehung 1 cm auf- oder abwärts, tastet so die gesamte Körperoberfläche ab und liefert,

verbunden mit einem Oscillographen, ein genaues Bild der Wärmeverteilung.

Als für den medizinischen Gebrauch geeignet erwies sich bisher nur die Messung und bildliche Darstellung der Infrarotstrahlung mittels einer Infrarot-Kamera.

Die für die vorliegende Arbeit verwendete Infrarot-Kamera, die Thermovisionskamera, Modell⁶⁶⁵ der Fa. AGA, soll aus diesem Grunde im folgenden ausführlich besprochen werden.

Z i e l dieser Arbeit ist es, nach Schilderung der methodischen Voraussetzungen die Variabilität der Temperaturverteilungen auf der nicht carcinomatösen weiblichen Brust thermographisch - unter Berücksichtigung des Infrarotphotos - zu untersuchen.

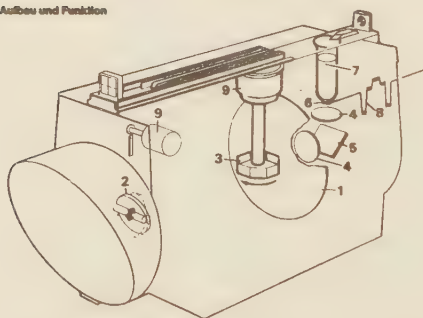
2. Methode

2.1. Prinzip und Wirkungsweise der AGA-Thermovisions-Kamera

Für die eigenen Untersuchungen, die im Klinikum Steglitz, Berlin, in der Strahlenabteilung vorgenommen wurden, stand die schwedische AGA-Thermovision-Infrarot-Kamera zur Verfügung, die sich für klinische Reihenuntersuchungen bewährt hat (13,24). Sie unterliegt folgendem Arbeitsprinzip:

Das Wärmebild des Körpers wird über ein Linsensystem und rotierende Spiegel in ein Zeilenbild, ähnlich wie beim Fernsehen, zerlegt. Die Infrarotstrahlung wird von einem Indium-Antimon-Kristall, der mit flüssigem Stickstoff gekühlt wird und dessen Leitfähigkeit sich sehr schnell ändert, gemessen. Als Sichtgerät dient ein Oszilloscop, auf dem der Elektronenstrahl synchron zur Bildzerlegung durch das optische System abgebildet wird. Technische Einzelheiten dieser "Kameraeinheit" zeigt Abb. 1 (aus 13).

Aufbau und Funktion



1. Sphärischer Spiegel
2. Oszillierender
Planspiegel (16 Hz)
3. Rotierendes Silizium-
prisma (22 U/min)
4. Germanium-Linse
5. Planspiegel
6. InSb-Detektor
7. Flüssiger Stickstoff
N₂
8. Bildsignal
9. Motor

Abb. 1: Aufbau und Funktion der Kameraeinheit

2.1.1. Messung von Temperaturdifferenzen

Am Oscilloscop findet sich eine besondere Einrichtung zur Messung von Temperaturdifferenzen:

Bereiche gleicher Hauttemperatur entsprechen Bereichen gleichen Grauwertes im Oscillogramm. Eine Isothermen-Vorrichtung erlaubt nun, Bereiche gleichen Grauwertes hellzutasten. Damit werden also Bereiche gleicher Temperatur im Oscillogramm weiß dargestellt. Auf einer Skala, die den abgebildeten Temperaturbereich in 10 Teile unterteilt, erscheint gleichzeitig eine Marke, durch die der hellgetastete Grauwert der Temperaturskala zugeordnet wird. Werden also z.B. kontralaterale Quadranten bei der Mamma "hellgetastet" und die Differenz der zugehörigen Stellungen der Isothermenmarken auf der Temperaturskala abgelesen, läßt sich die Temperaturdifferenz der verglichenen Quadranten angeben. Die Genauigkeit einer solchen Temperaturdifferenzmessung hängt naturgemäß stark von der genauen Abgrenzbarkeit der zu messenden Bezirke ab, sie ist physikalisch begrenzt durch das thermische Auflösungsvermögen der Apparatur (ca. $0,2^{\circ}\text{C}$). Die Abb.2 zeigt einen Gesamtüberblick über den prinzipiellen Aufbau der Thermovisionseinrichtung (aus 13).

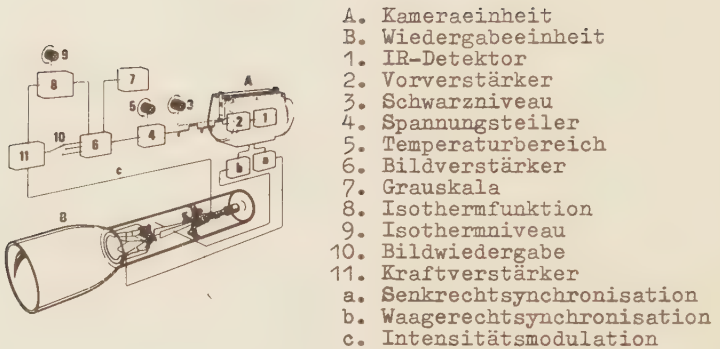


Abb. 2: Arbeitsprinzip der Thermovisionskamera

2.1.2. Registrierverfahren

Das Fernsehbild kann mit einer Polaroid-Kamera photographiert und so zur Dokumentation aufbewahrt werden. Außerdem kann die Wärmeverteilung als Farbthermogramm dargestellt werden, wobei bis zu 8 Isothermen durch unterschiedliche Farben abgebildet werden. Diese Methode bietet zwar keine Mehrinformation, aber Farben werden bekanntlich besser aufgenommen und unterschieden als Grautöne.

2.1.3. Diagnostische Möglichkeiten der Infrarotkamera (9)

Es sei noch, abgesehen von ganz speziellen Anwendungen in Technik und Industrie, auf diagnostische Möglichkeiten der Thermographie hingewiesen:

- a) Früherkennungen von Mammacarcinomen
- b) Lokalisation der Plazenta
- c) Nachweis der Revascularisierung von Transplantaten
- d) Beurteilung von Frakturheilungen
- e) nähere Diagnostik von Durchblutungsstörungen
- f) Ausdehnung von Verbrennungen
- g) Erhärtung eines Melanomverdachtes, etc.

2.1.4. Vorteile der Thermovisionsmethode (26)

Gegenüber den anfangs beschriebenen Wärmemeßverfahren bietet die Thermovisionsmethode erhebliche Vorteile:

- a) Die Untersuchung geht schnell und für Untersucher und Patienten einfach vonstatten
- b) Der Kontakt mit der Haut wird vermieden
- c) Das Thermogramm ist durch die bildliche Darstellung der Wärmeverteilung anschaulich und für den Arzt unmittelbar auswertbar
- d) Da man ein ganzes Wärmebild beurteilt, lassen sich Zufallsbefunde wie bei punktförmiger Messung vermeiden
- e) Abgesehen von den Anschaffungskosten für die Kamera sind die Kosten einer Untersuchung niedrig - geringer z.B. als bei einer Röntgenuntersuchung
- f) Der Patient ist keiner ionisierenden Strahlung ausgesetzt.

2.2. Untersuchungsgang

2.2.1. Anamnese und Status

Folgende anamnestische Gesichtspunkte wurden bei der Auswertung der Thermogramme berücksichtigt:

- a) Alter. Da die Brustcarcinome der Frau überwiegend in mittlerem oder höherem Lebensalter auftreten und jüngere Frauen eher zu Entzündungen, Zysten oder gut-

artigen Tumoren neigen, muß das Alter der Patientin berücksichtigt werden. Außerdem befinden sich die Mammæ der Frau nach der Menopause meist im Rückbildungsstadium, was sich auch auf den Stoffwechsel und damit auf das Temperaturverteilungsmuster auswirkt.

- b) Geburten. Vorangegangene Geburten, besonders aber während der Thermographie bestehende Schwangerschaften und stillende Frauen sollten beachtet werden. Beim Stillen ist die Brust vergrößert und weist eine verstärkte Gefäßzeichnung auf, und während einer Gravidität finden sich deutlich gestaute Venenverläufe und gleichmäßig verteilte, große warme "Flecken" (25), ebenso nach Einnahme von Antikonzeptiva (hormonelle Stimulation), ein Phänomen, das von manchen Autoren (z.B. 21) mit einer thermographischen "Pseudogravidität" verglichen wird.

Konstitution: Bei Hypermastie ist ein größerer Anteil an isolierendem subcutanem Fettgewebe zu erwarten und damit eine niedrigere Temperatur, während diese bei asthenischen Frauen wegen der wahrscheinlich deutlicheren Venenzeichnung höher sein sollte.

2.2.2. Diagnostische Hilfsmittel

Mit Hilfe der thermographischen Untersuchung kann nur mit Wahrscheinlichkeit ausgesagt werden, ob eine maligne, benigne oder überhaupt keine Erkrankung vorliegt. Eine spezielle Diagnose, etwa ob es sich bei benignem Verlauf um eine Entzündung, Zyste oder Mastopathia fibrosa handelt, kann nicht gestellt werden. Um nun die Entscheidung gutartig/bösartig und vielleicht sogar eine nähere Differentialdiagnose sichern zu können, muß man, besonders in fraglichen Fällen, andere Untersuchungsmethoden heranziehen.

- a) Inspektion. Verdächtige Hinweise auf ein Carcinom sind Einziehung der Mamille, "Apfelsinhaut" und das sogenannte "Plateauphänomen".
- b) Palpation. Erscheint im Thermogramm ein warmer Bezirk, so sollte man immer prüfen, ob sich diesem palpatorisch ein Knoten zuordnen läßt.

- c) Mammographie - die Röntgenuntersuchung der Brust unter Verwendung von Röntgen-Strahlen niedriger Energie.

Röntgen-Strahlen werden in Abhängigkeit von der effektiven Ordnungszahl einer Materie geschwächt. Es gelingt folglich, Gewebe mit unterschiedlichen Ordnungszahlen im Röntgenbild zu kontrastieren. Glanduläres Parenchym und Fett schwächen Röntgen-Strahlen nur unwesentlich, während Stroma, Haut und Gefäße die Strahlen deutlich mehr absorbieren. Mamma-Carcinome als Gewebe mit hohem Bindegewebs-Anteil (hohe effektive Ordnungszahl) stellen sich im Röntgenbild somit als Verdichtung dar. Die Mammographie besitzt eine hohe Effektivität, die Treffsicherheit wird mit 80-90 % angegeben. Die Differenzierung von gut- und bösartigen Geschwülsten ist meist durch Analyse von Form und Begrenzung der Verdichtung sowie auf Grund von Veränderungen der umgebenden Gewebe möglich. Aussagen über die Stoffwechselaktivität einer erkannten Geschwulst sind dagegen kaum zu erlangen.

Die Thermographie, mit deren Hilfe die Folge einer lokal erhöhten Stoffwechselaktivität - die Wärme-
produktion - detektierbar ist, stellt somit eine wertvolle Ergänzung der röntgenologischen Untersuchungsmethode dar.

- d) Infrarotphoto (s.u.).

2.2.3. Vorbereitung der Patienten

Um Meßfehler auszuschließen und sicherzustellen, daß nur die Eigenstrahlung der Haut und nicht reflektierte Strahlen anderer Infrarotquellen gemessen werden, müssen einige Bedingungen eingehalten werden.

- a) Genügende Größe des Raumes
- b) Kein direktes Sonnenlicht, keine anderen Infrarotquellen, Meidung der Nähe von Heizkörpern
- c) Zugfreie Belüftung des Raumes, Umgebungstemperatur ca. 18°C, möglichst Installierung einer Kühlanlage, erst diese Anlage ermöglicht eine konstante Temperatur.
- d) Mindestens 10-minütige Abkühlung des Patienten vor der Untersuchung, und zwar mit abgewinkelten Armen, um die durch den Hautkontakt besonders warmen Achselhöhlen der Umgebungstemperatur anzupassen.

2.2.4. Spezielle Untersuchungstechnik

Die Patientin setzt sich einige Meter vor den Thermographie-Apparat und nimmt die Arme in den Nacken. Der Untersuchende kann nun auf dem Fernsehschirm von vorne oder bei einer Drehung der Patientin von 45° nach rechts oder links seitlich die Temperaturverteilung auf beiden bzw. je einer Mamma beurteilen. Mit Hilfe der Isothermenvorrichtungen lassen sich nun Temperaturdifferenzen ablesen, und zwar bestimmt man diejenigen isolierter Bezirke zur Umgebung und, was für die Carcinom-Diagnostik besonders wichtig ist, diejenigen gegenüber identischen Bereichen auf der anderen Seite. Es werden nun noch von vorn, von rechts- und linksseitlich Polaroid-Photos der Temperaturbilder angefertigt und eventuell Farbthermogramme.

2.3. Auswertung der Thermogramme

Auf dem Fernsehschirm lassen sich verschiedene Arten von Temperaturverteilungsmustern ausmachen. Ein Versuch der Typisierung sei später bei Auswertung der eigenen Untersuchungsergebnisse unternommen. Eine fleckige Zeichnung z.B. weist auf eine Verdichtung der Mammastruktur (Mastopathie) oder auf die schon erwähnte hormonelle Stimulation hin. Gefäßverläufe lassen sich meistens im thermographischen Bild als warme Streifen erkennen. Als isolierte Bezirke finden sich warme und kalte Bereiche.

- a) "Hot spots": über Carcinomen, Entzündungen, Abszessen, Adenomen u.a.
- b) "Cold spots": über Verkalkungen, Zysten, Fett-, blutleerem oder totem Gewebe.

Deutliche Temperaturerhöhungen gegenüber der Gegenseite oder Umgebung, die nicht mit Gefäßen in Verbindung gebracht werden können (auch über dem Gefäßsystem kann die Temperatur - jedoch nur begrenzt - ansteigen), sind immer verdächtig auf eine gesteigerte metabolische Aktivität, die oft durch einen malignen Tumor hervorgerufen wird (6). Es kann aber auch thermographisch stumme Carcinome geben. Diese "kalten Geschwülste" haben eine bessere Prognose als die inflammatorischen Tumoren. Benigne Tumoren rufen in der Regel nur unbedeutende Hauttemperatur-Steigerungen hervor, während eine Entzündung, die oft eine erhebliche Erwärmung der Haut bewirken kann, die Differentialdiagnose zu einem Carcinom mitunter, wenn man nur vom thermographischen Bild ausgeht, stark erschweren kann. Aus diesem Grunde spielen Anamnese und Status und die oben aufgezählten Zusatzuntersuchungen eine so große Rolle.

Um entscheiden zu können, ob im thermographischen Bild auftretende warme streifenförmige Bezirke sich Gefäßen zuordnen lassen oder isoliert sind, wurde zu jeder

Thermographie ein Infrarotphoto angefertigt. In diesem Fall wird nicht die Infrarot-Eigenstrahlung, sondern nur die von einem Objekt reflektierte Infrarotstrahlung ausgenutzt. Die subkutanen Venen können mehr Infrarotstrahlung absorbieren und emittieren als die Haut und dadurch sichtbar gemacht werden (20). Man verwendet hierzu einen Infrarot-Film und einen Rotfilter. Auf der Photographie lassen sich dann die Venen als dunkle Streifen erkennen.

3. Ergebnisse

3.1. Krankengut

In der vorliegenden Reihe wurden 90 Patientinnen mit klinisch normalen Mammæ untersucht, wobei einfache Mastopathien in die Auswertung mit einbezogen wurden. Die Frauen kamen von selbst oder wurden zur thermographischen Untersuchung überwiesen, die Anlässe für ihr Kommen waren:

- a) reine Kontrolluntersuchungen, z.B. wegen in der Familie aufgetretener Carcinome
- b) Schmerzen
- c) Knoten in der Brust oder sonstige Veränderungen.

Die Altersverteilung läßt sich aus folgender Tabelle ersehen:

<u>Altersstufen (Jahre</u>	<u>untersuchte Frauen</u>
16-20	2
21-25	10
26-30	18
31-35	25
36-40	8
41-45	7
46-50	2
51-55	3
56-60	5
61-65	4
66-70	6

3.2. Thermographisches Bild

Unter den Temperaturverteilungsmustern im Thermogramm finden sich verschiedenartige Strukturierungen. Deshalb sei an dieser Stelle der Versuch einer Typisierung unternommen. In den eigenen Untersuchungen lassen sich 4 Temperaturverteilungsmuster im thermographischen Bild unterscheiden:

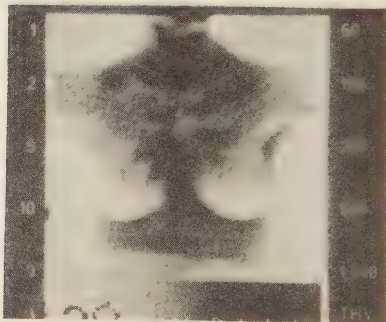


Abb. 3: a) ein kaum strukturiertes (fast homogenes) Muster



Abb. 4: b) ein überwiegend klein- oder großfleckiges Muster, bei dem nur vereinzelt Gefäße vorhanden sein können

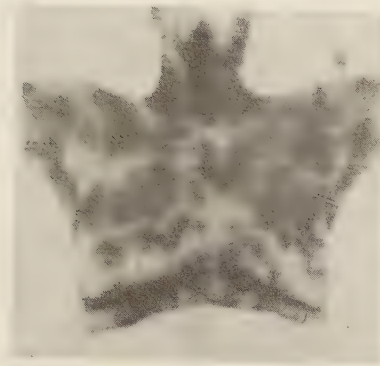


Abb. 5: c) ein fleckig-streifiges Muster mit deutlicher Gefäßzeichnung

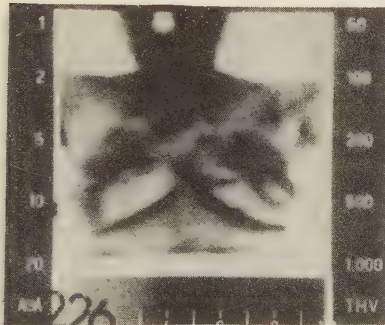


Abb. 6: d) ein (durch Gefäßverläufe) fast ausschließlich streifiges Muster

Die Übergänge zwischen den einzelnen Gruppen sind fließend.

Diese 4 Temperaturverteilungsmuster verteilen sich auf das Krankengut folgendermaßen:

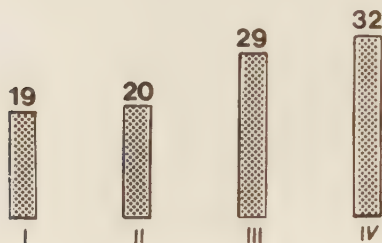


Abb. 7: Die thermographischen Temperaturverteilungsmuster (in Prozent)
I. kaum strukturiert
II. fleckig
III. fleckig-streifig
IV. streifig

3.3. Mittelwerte des Temperaturumfanges

Mit Hilfe der Isothermenvorrichtung lassen sich die im Thermogramm auftretenden höchsten und niedrigsten Temperaturen ablesen. Bildet man die Differenz dieser beiden Werte, so erhält man den Temperaturumfang. Mit dem Thermographie-Apparat lassen sich zwar keine absoluten Temperaturen messen, sondern nur relative; wenn man jedoch den in 10 Teile eingeteilten Temperaturbereich jedes Mal gleich wählt - der abgebildete Temperaturbereich kann wahlweise 1, 2, 5, 10 oder 20 Grad umfassen -, lassen sich Vergleiche zwischen den einzelnen thermographischen Bildern anstellen. Bei

den vorliegenden Untersuchungen wurde ein Bereich von 10 Grad gewählt.

Bezüglich der gemessenen Extremwerte und der Temperaturumfänge lassen sich nun 2 Gruppen von Patientinnen unterscheiden.

1. Gruppe: die ersten 47 Patientinnen

2. Gruppe: die letzten 43 Patientinnen

höchste gemessene Temperatur (Grad)	1. Gruppe (Pat.)	2. Gruppe (Pat.)
5 - 5,9	1	0
6 - 6,9	0	0
7 - 7,9	10	2
8 - 8,9	20	37
9 - 9,9	16	4
Mittelwert (Grad)	8,1	8,1

niedrigste gemessene Temperatur (Grad)		
0 - 0,9	1	16
1 - 1,9	0	17
2 - 2,9	14	9
3 - 3,9	21	1
4 - 4,9	8	0
5 - 5,9	3	0
Mittelwert (Grad)	3,1	1

Errechnet man aus den jeweiligen Extremwerten die Temperaturumfänge, so erhält man als Durchschnittswert

für die 1. Gruppe: 5,2 Grad

2. Gruppe: 7,0 Grad.

Zu der Zeit, als sich die niedrigsten gemessenen Temperaturen zu noch tieferen Temperaturbereichen hin verschoben, wurde in den Untersuchungsraum eine Kühlanlage installiert.

3.4. Infrarotphoto (23)

Da auf den Infrarotphotos verschiedenartige Venenzeichnungen auftreten können, sei wiederum der Versuch einer Typisierung unternommen. Es ließen sich 3 Typen differenzieren:



Abb. 8: a) ein Infrarotbild, auf dem keine bzw. nur vereinzelte, kaum sichtbare Gefäße vorhanden sind



Abb. 9: b) ein transversaler Verteilungstyp. Hierbei kann man das Sternum etwa als Symmetrieachse annehmen, von der die Gefäße ausgehen und sich in der Peripherie verzweigen



Abb. 10: c) ein netzartiger Verteilungstyp, bei dem die Gefäße gleichmäßig über den Thorax verteilt sind.

Die prozentuale Aufteilung zeigt die nächste Abbildung:

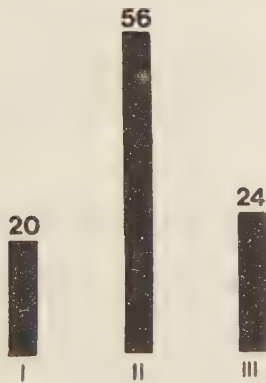


Abb. 11: Typen der Infrarotphotos (in Prozent)
I. Typ mit vereinzelten Gefäßen
II. transversaler Typ
III. netzartiger Typ

3.5. Korrelation Thermogramm - Infrarotphoto

Jedes Thermogramm wurde bei der Auswertung mit dem entsprechenden Infrarotphoto verglichen. Deshalb ist es wichtig, festzustellen, ob beide in jedem Falle miteinander korrelieren. So wurden einerseits die Infrarotphotos mit deutlicher Gefäßzeichnung mit den entsprechenden Thermogrammen verglichen, andererseits die Thermogramme vom Gefäßstyp mit den entsprechenden Infrarotphotos.

- a) Im Infrarotphoto zahlreiche, deutlich sichtbare Gefäße
42 % der untersuchten Frauen

Entsprechendes Thermogramm:

kaum strukturiertes Muster:	8 %
fleckiges Muster:	8 %
fleckig-streifiges Muster:	37 %
streifiges Muster:	47 %

- b) Deutliche Gefäßzeichnung im Thermogramm
62 % der untersuchten Frauen

Entsprechendes Infrarotphoto:

zahlreiche, deutlich sichtbare Gefäße:	87,5 %
vereinzelte, kaum sichtbare Gefäße:	12,5 %

3.6. Der Einfluß des Alters auf das Thermogramm

Die Brustdrüsenkörper der Frauen bilden sich nach der Menopause normalerweise zurück und werden durch Fett und Bindegewebe ersetzt. Es wurde geprüft, ob dieses Phänomen im thermographischen Bild und Infrarotphoto sichtbar wird, und zwar wurden zum Vergleich Thermogramme und Infrarotphotos jüngerer Frauen (bis zu 30 Jahren) herangezogen.

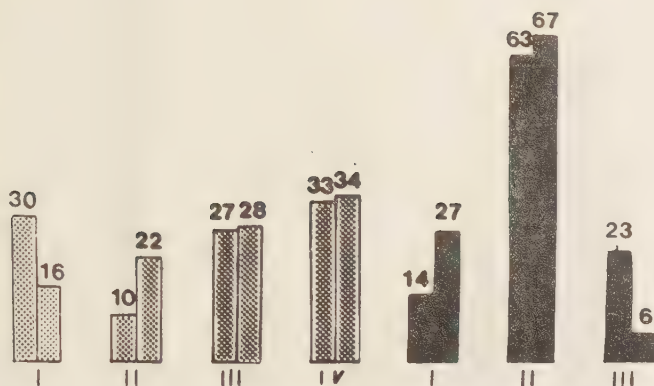


Abb. 12: Altersabhängigkeit der Thermogramme und Infrarotphotos (in Prozent)

- ☒ Thermogramm: I. kaum strukturiert
 II. fleckig
 III. fleckig-streifig
 IV. streifig

- Infrarotphoto:
 I. Typ mit vereinzelt Gefäßen
 II. transversaler Typ
 III. netzartiger Typ

links: unter 30 rechts: über 50 Jahre

3.7. Adipositas und Wärmeverteilung (5,12)

Bei adipösen Frauen findet sich eine dicke Schicht von Unterhautfettgewebe. Dieses Fettgewebe ist ein bradytrophes Gewebe, das die darunterliegenden Gefäße weitgehend abdeckt und isoliert und aus diesem Grunde thermographisch ein nahezu homogenes Bild bieten müßte. Es stellt sich nun die Frage, ob sich diese theoretische Vorstellung auch bei den untersuchten Frauen nachweisen läßt. Die nächste Abbildung zeigt, daß sich im Thermogramm wie auch im Infrarotphoto adipöser Frauen Unterschiede zu den Befunden des durchschnittlichen Krankengutes finden lassen.

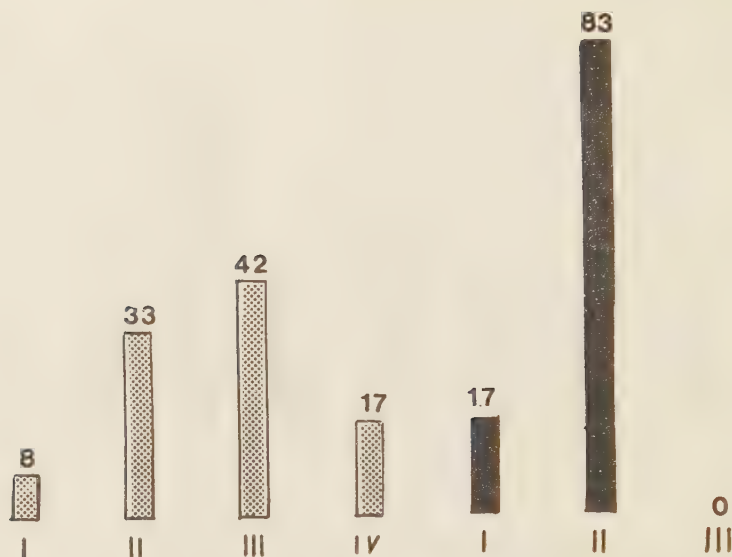


Abb. 13: Thermogramm und Infrarotphoto bei Adipositas (in Prozent)

■ Thermogramm: I. kaum strukturiert
 II. fleckig
 III. fleckig-streifig
 IV. streifig

■ Infrarotphoto:
 I. Typ mit vereinzelten Gefäßen
 II. transversaler Typ
 III. netzartiger Typ

3.8. Gynäkologische Anamnese

3.8.1. Hormonapplikation

Wie schon oben erwähnt, sollen Hormone das Thermogramm im Sinne einer Pseudogravidität beeinflussen. Da es sich bei den Untersuchten um relativ junge Frauen handelt, läßt sich in diesem Punkt eine Aussage machen.

32 % der Frauen nahmen Ovulationshemmer ein, davon die Hälfte seit 2 Jahren oder länger. Ihre Thermogramme und Infrarotphotos gliedern sich folgendermaßen auf:

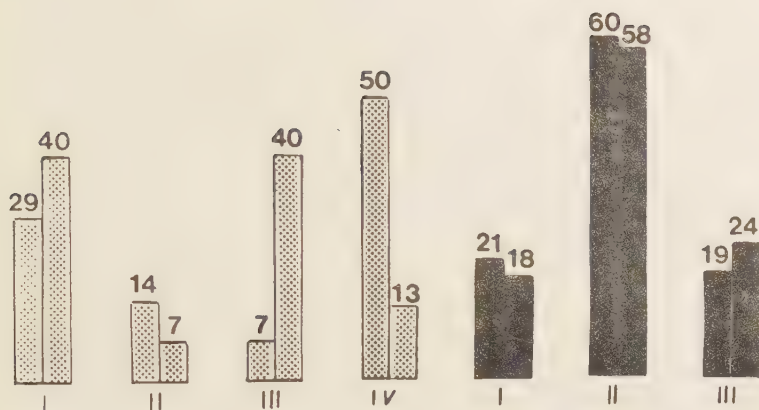


Abb. 14: Thermogramm und Infrarotphoto bei Hormongabe
(in Prozent)

- Thermogramm: I. kaum strukturiert
 II. fleckig
 III. fleckig-streifig
 IV. streifig

- Infrarotphoto:
 I. Typ mit vereinzelten Gefäßen
 II. transversaler Typ
 III. netzartiger Typ

links: 2 Jahre und mehr Hormonapplikation
 rechts: weniger als 2 Jahre Hormonapplikation

Temperaturverteilung dieser Thermogramme:

Bei einem Drittel sind keine Gefäße bzw. über sichtbaren Gefäßen keine erhöhten Temperaturen auszumachen, bei dem nächsten Drittel finden sich seitengleich über dem Gefäßsystem erhöhte Temperaturen, bei den übrigen über dem Gefäßsystem erhöhte Temperaturen, wobei eine Seite wärmer als die andere ist.

3.8.2. Weitere Einzelheiten der gynäkologischen Anamnese

Als weitere zu untersuchenden Faktoren der gynäkologischen Anamnese bezüglich der Wärmeverteilung auf der Brust bieten sich an:

- a) das Stillen
- b) Kinderlosigkeit
- c) praemenstruelles Spannungsgefühl
- d) eine späte Menarche

	Frauen, die gestillt haben	kinderlose Frauen
<u>Thermogramm</u>		
kaum strukturiert	16 %	22,5 %
fleckig	24 %	19 %
fleckig-streifig	24 %	26,5 %
streifig	36 %	32 %
<u>Infrarotphoto</u>		
kaum Gefäße	24 %	20,5 %
transversaler Typ	56 %	51 %
netzartiger Typ	20 %	28,5 %

	Fr. mit praemenstru- eller Spannung	mit später Menarche
<u>Thermogramm</u>		
kaum strukturiert	24 %	8 %
fleckig	18 %	15 %
fleckig-streifig	29 %	38,5 %
streifig	29 %	38,5 %
<u>Infrarotphoto</u>		
kaum Gefäße	4 %	8 %
transversaler Typ	58 %	61 %
netzartiger Typ	38 %	31 %

3.9. Korrelation klinische Diagnose - Thermogramm

Eine fibröse Mastopathie zeigt sich im Thermogramm in der Regel als groß- oder kleinfleckiges Muster. Der Kliniker findet palpatorisch entweder eine knotige Verdichtung des gesamten Parenchyms oder isolierte Knoten. Ob Thermogramm und Palpationsbefund immer übereinstimmen, soll als nächstes geprüft werden.

Unter den Frauen fanden sich 52 %, bei denen klinisch eine Fibrose der Mamma diagnostiziert wurde. Diese 52 % gliedern sich auf in

- a) isolierte Fibrome 30 %
- b) fibröse diffuse Mastopathien 70 %

Bei 17 % von ihnen ließ sich der Palpationsbefund nicht im Thermogramm nachweisen, 13 % zeigten dem Befund entsprechende kalte, 70 % warme Bereiche.

3.10. Maximale Temperaturdifferenzen

Die Verdachtsdiagnose eines Mamma-Carcinoms wird auf Grund eines Thermogrammes gestellt, wenn

- a) zwischen isolierten Bezirken und ihrer Umgebung
- b) zwischen isolierten Bezirken und identischen Bereichen der anderen Seite

Temperaturdifferenzen gemessen werden.

Die vorliegenden Thermogramme der nicht carcinomatösen Mammae weisen als maximale Temperaturdifferenzen folgende Werte auf:

- a) Temperaturdifferenzen isolierter warmer Bezirke zur Umgebung über 1 Grad:
 - 1,2 Grad: 4 Patientinnen (4,4 %)
 - 1,5 Grad: 9 Patientinnen (10 %)
- davon Rechts-Links-Seitendifferenz über 1 Grad:
keine Patientin.

- b) Maximale Temperaturdifferenzen zwischen isolierten warmen Bezirken und identischen Bereichen der anderen Seite:

1 Grad: 11 Patientinnen (12,2 %)
1,2 Grad: 2 Patientinnen (2,2 %)

Zusätzlich zu der soeben ausgewerteten Reihe wurden noch 20 klinisch gesicherte Carcinome thermographisch untersucht, um auch hier - als Gegensatz - die Temperaturdifferenzen zu bestimmen. Außerdem muß geklärt werden, ob es unter den Untersuchungsreihen auch Überschneidungen geben kann. Sollte das der Fall sein, so liegt hier ein thermographischer Grenzbereich vor.

Bei den untersuchten Carcinomen finden sich folgende Werte bezüglich isolierter warmer Bezirke:

Fälle	Temperaturdifferenz zur Umgebung	Temperaturdifferenz zur Gegenseite
3	1,3 Grad	1-1,5 Grad
1	1,3 Grad	2 Grad
3	1,5 Grad	2-3,5 Grad
13	2-3 Grad	2-8 Grad

Aus den Messungen geht hervor, daß es thermographisch stumme Carcinome geben kann, bei denen weder zur Umgebung noch zur Gegenseite deutlich vergrößerte Temperaturdifferenzen meßbar sind. Bei den anderen Fällen ist ersichtlich, daß die Temperaturdifferenz zu identischen Punkten der Gegenseite der wesentliche Hinweis auf einen malignen Prozeß ist, da zur Umgebungstemperatur isolierter warmer Bereiche bei erwiesenen Carcinomen nicht immer eine deutlich erhöhte Temperaturdifferenz bestehen muß.

Die nächste Abbildung stellt die gemessenen Rechts-Links-Seitendifferenzen bei den 20 untersuchten Carcinom-Fällen graphisch dar.

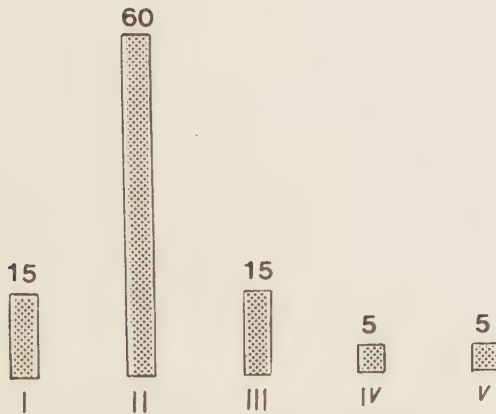


Abb. 15: Rechts-Links-Seitendifferenzen zwischen identischen Punkten bei gesicherten Carcinomen (in Prozent)

I: 0 - 1,9 Grad
II: 2 - 3,9 Grad
III: 4 - 5,9 Grad
IV: 6 - 7,9 Grad
V: 8 - 9,9 Grad

4. Diskussion

Es wurden 90 Patientinnen untersucht, um zu klären, welche Faktoren die oberflächliche Temperaturverteilung auf der weiblichen Brust beeinflussen können. Dazu wurden unter Berücksichtigung bestimmter anamnestischer Gesichtspunkte Thermogramme und Infrarotphotos ausgewertet. Der Bestimmung eines Grenzbereiches, in dem sich thermographisch nichts über die Wertigkeit einer Veränderung der Mamma aussagen läßt, diente ein Vergleich mit 20 klinisch gesicherten Carcinomen. Die Ergebnisse sollen im folgenden einzeln diskutiert werden.

Die Untersuchungen wurden an Frauen fast aller Altersstufen vorgenommen; die jüngste war 19, die älteste 68 Jahre alt. Da Carcinompatienten in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden, liegt der Altersdurchschnitt relativ niedrig. Der Altersgipfel zwischen 31 und 35 Jahren betrifft Frauen, die noch nicht in dem für Mammacarcinome typischen Alter, aber doch schon gefährdet sind und durch Publikation der Frühsymptome des Krebses und durch Anregung zur Vorsorgeuntersuchung auf die Möglichkeit eines bestehenden Brustkrebses aufmerksam gemacht wurden.

Bei Betrachtung der thermographischen Temperaturverteilung lassen sich unterschiedliche Muster feststellen. Um eine Aussage machen zu können, wurden vier Verteilungsmuster unterschieden (Abb.3 bis 6). Flecken im Thermogramm deuten auf eine Verdichtung des Parenchyms hin, während Streifen sich in den meisten Fällen Gefäßen zuordnen lassen, die direkt unter der Haut liegen und nicht von einer wärmeisolierenden subkutanen Fettschicht bedeckt sind.

Da es sich bei den Patientinnen hauptsächlich um junge Frauen mit gut durchbluteten, hormonell stimulierten Mammæ handelt, bilden die streifigen und fleckig-streifigen Thermogramme die Mehrheit (zusammen 61 %), obwohl sich, wie später noch demonstriert werden wird, keine signifikanten Unterschiede zum thermographischen Verteilungsmuster älterer Frauen finden (Abb.7).

Bei Untersuchung der gemessenen Extremwerte und damit der Temperaturumfänge fällt eine erstaunliche Tatsache auf:

Bei etwa der Hälfte der untersuchten Frauen lassen sich in der Regel relativ hohe Niedrigstwerte und damit kleine Temperaturumfänge feststellen. Bei der anderen Hälfte liegen die niedrigsten Temperaturen tiefer, daraus resultiert ein im Durchschnitt um fast 2 Grad ausgedehnteres Wärmebild. Für dieses Phänomen läßt sich folgende Erklärung finden:

Die Untersuchungen wurden zunächst in einem nicht speziell klimatisierten Raum vorgenommen. Die Raumtemperatur betrug etwa 22 Grad.

Der Einbau einer Kühlanlage senkte die Raumtemperatur auf 18 bis 19 Grad und führte zu den beschriebenen Veränderungen. Die intensivere Abkühlung der Haut vor der Untersuchung erlaubt somit eine bessere Differenzierung der Thermogramme: es werden tiefere Temperaturen sichtbar, die Temperaturumfänge werden größer.

Auf den Infrarotphotos bildet der transversale Verteilungstyp den höchsten Anteil, während bei nur etwa einem Fünftel der Untersuchten kaum Gefäße sichtbar sind. Das Überwiegen des transversalen Types läßt sich damit erklären, daß in diesem Falle das normalerweise symmetrisch angelegte oberflächliche Venensystem des Thorax abgebildet wird. Der netzartige Typ weist auf eine übersteigerte Durchblutung hin, bei der alle oberflächlichen Kollateralen eröffnet sind, während der

gefäßarme Typ auf eine stoffwechselbedingte Minderdurchblutung zurückzuführen ist.

Da die Infrarotphotographien einen Beitrag zur Diagnose liefern können, wurde die Korrelation zwischen Thermogramm und Infrarotphoto bezüglich der Gefäßverläufe untersucht. Es lassen sich folgende Befunde erheben:

Bei der knappen Hälfte der untersuchten Frauen findet sich eine deutliche Gefäßzeichnung im Infrarotphoto (davon sind drei Fünftel vom transversalen, zwei Fünftel vom netzartigen Verteilungstyp). Auf dem thermographischen Bild dieser Mammæ ist der Anteil an kaum strukturierten und fleckigen Verteilungsmustern auffällig, der zwar geringer ist als der vom gesamten Krankengut prozentual ermittelte, bei der Auswertung jedoch zu berücksichtigen ist. Umgekehrt lassen sich die im Thermogramm sichtbaren Gefäße zwar meistens mit denen im Infrarotphoto korrelieren, in einigen Fällen jedoch treten sie auf dem Infrarotphoto so vereinzelt und schwach hervor, daß man ein Sichtbarwerden im thermographischen Bild nicht vermutet hätte.

In den meisten Fällen wird man folglich eine Übereinstimmung der Gefäßzeichnung im thermographischen und Infrarotphoto finden; dennoch sollte man bei der Auswertung einige Sonderfälle berücksichtigen:

- a) Fleckförmige Bereiche im Thermogramm lassen sich u.U. auch Gefäßen zuordnen.
- b) Nicht alle im Infrarotphoto sichtbaren Gefäßverläufe lassen sich thermographisch darstellen.
- c) Im Thermogramm erkennbare Gefäße sind nicht immer im Infrarotphoto sichtbar.

Um den Einfluß des Alters auf die Wärmeverteilung in der Brust zu untersuchen, wurden die Mammæ der Frauen unter 30 und über 50 Jahren miteinander verglichen. Im Thermogramm wäre bei älteren Frauen eine Zunahme

der kaum strukturierten Bilder infolge der postmenopausenbedingten Rückbildungsvorgänge in der Brust zu erwarten, aber im Gegenteil, es sind sogar weniger derartige Verteilungsmuster zu finden als bei den jüngeren Frauen. Im Infrarotphoto der jüngeren Frauen sind erwartungsgemäß, wenn auch nicht in großem Ausmaß, mehr Gefäße sichtbar als in dem der älteren, bei denen der netzartige Typ fast völlig fehlt (Abb.12).

Nach diesen Befunden stellt sich natürlich die Frage, worauf die Diskrepanz zwischen dem thermographischen Bild und der histologisch bewiesenen physiologischen Rückbildung beruhen kann. Ob hier ein methodisches Versagen des Thermographie-Systems vorliegt oder ob die Drosselung der metabolischen Aktivität die unmittelbar unter der Haut liegenden Gewebsbezirke nicht betrifft, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden.

In der Struktur der Mammæ adipöser Frauen läßt sich dagegen eine Abweichung von der Norm finden. Im Thermogramm überwiegen die fleckigen und fleckig-streifigen Verteilungsmuster (75 % statt 49 %). Auf dem Infrarotphoto bilden die transversal angeordneten Gefäße die Mehrheit, der netzartige Typ fehlt und der gefäßarme Typ ist weniger als normal vertreten. Der geringe Anteil des thermographischen Gefäßmusters sowie das Fehlen des netzartigen Infrarot-Typs ist zwar verständlich, da die subkutane Fettschicht zugenommen hat, aber es wäre in beiden Fällen eher ein Anwachsen des kaum strukturierten Verteilungsmusters zu erwarten gewesen. Aus der Zunahme des fleckigen und fleckig-streifigen Musters im Thermogramm läßt sich schließen, daß bei Adipositas das vermehrte Unterhautfettgewebe keine gleichmäßig homogene, sondern eine teilweise aufgelockerte, verschieden dichte Schicht bildet (Abb.13).

Von den Untersuchten nahm etwa ein Drittel Hormonpräparate ein, davon etwa die Hälfte seit zwei Jahren oder

länger. Bei Auswertung der entsprechenden Thermogramme stellt sich heraus, daß das in der Literatur (25) beschriebene fleckige Muster ebenso wie das fleckig-streifige Muster sogar stark abnahm, besonders bei den Frauen, die länger als zwei Jahre Hormonpräparate einnahmen. Die Feststellung einer "Pseudo-gravidität" im Thermogramm nach Einnahme von Ovulationshemmern wurde in den vorliegenden Untersuchungen also nicht bestätigt (Abb.14).

Dagegen finden sich bei einem Drittel dieser Patientinnen seitengleich über dem Gefäßsystem erhöhte Temperaturen, ein Befund, der für Hormonapplikation und Gravidität typisch ist (21). Die Infrarotphotos ändern sich nicht wesentlich.

Bei weiterer Prüfung der gynäkologischen Vorgeschichte finden sich bei Patientinnen, die gestillt haben, ebenso wie bei kinderlosen Frauen, nur geringfügige Abweichungen von den normalen Thermogrammen und Infrarotphotos. Bei Frauen mit später Menarche oder praemenstruellem Spannungsgefühl in der Brust ist lediglich ein geringer Anteil an gefäßarmen Infrarotbildern, bei später Menarche auch an gefäßarmen Thermogrammen zu finden; in den anderen Verteilungstypen treten zwar auch Schwankungen auf, halten sich aber in Grenzen.

Es läßt sich also im Thermogramm und Infrarotphoto kein deutlicher Hinweis auf die gynäkologisch-anamnestischen Befunde, die mit einer Änderung des Hormonspiegels einhergehen, finden.

Bei etwa der Hälfte der Frauen wurde auf Grund des Palpationsbefundes die klinische Diagnose "fibröse Mastopathie" gestellt. Dabei handelt es sich bei dem überwiegenden Teil um diffuse knotige Verhärtungen des Drüsenkörpers. Bei 17 % dieser Frauen lassen sich im Thermogramm keine unnormalen Temperaturdifferenzen

feststellen; bei 13 % fanden sich kalte Bereiche als Hinweis auf fibrozystische Anteile. Es bleibt noch ein Anteil von 70 %, der unterschiedlich viele und große warme Flecken aufweist, die der verschiedenen Dichte des Gewebes entsprechen. Es ließ sich in keinem dieser Fälle ein Malignom nachweisen. Der relativ hohe Prozentsatz an fibrösen Mastopathien im Krankengut läßt sich mit der eingangs genannten Auswahl der Frauen in Verbindung bringen.

Von wesentlicher Bedeutung ist die Frage, ob in einem "Normalkollektiv", wie es hier untersucht wurde, Temperaturdifferenzen auftreten können, die für das Mamma-Carcinom als typisch angesehen werden. Deshalb wurde das "Normalkollektiv" 20 gesicherten Carcinom-Fällen gegenübergestellt. Hierbei zeigt sich ein Überlappen beider Patientengruppen hinsichtlich der Temperaturunterschiede zwischen isolierten warmen Bezirken und deren Umgebung: Unter 20 Mamma-Carcinomen sind 3 thermographisch stumme Carcinome zu finden, also ein erstaunlich hoher Prozentsatz. Außerdem weisen 4 Carcinome eine Temperaturdifferenz von 1,3 bis 1,5 Grad zu ihrer Umgebung auf, einen Wert, der auch bei 10 % der sicher carcinomfreien Fälle auftritt. Wenn man jedoch die identischen Punkte auf der Gegenseite betrachtet, läßt sich in den meisten Fällen eine nähere Aussage bezüglich der Dignität des Prozesses in der Mamma machen:

Bei gesicherten Carcinomen fällt mit Ausnahme der stummen Tumoren eine erhebliche Seitendifferenz der Temperaturen auf, während die Seitendifferenz bei carcinomfreien Patientinnen in den vorliegenden Messungen nur maximal 1,2 Grad beträgt.

Von großer Bedeutung für die thermographische Carcinomdiagnostik sind folglich die Seitendifferenzen, so daß man den Verdacht auf ein malignes Geschehen erst nach Messung der Temperaturdifferenzen zwischen warmen Bezirken und ihrer Umgebung und Gegenseite äußern sollte.

In einem solchen Fall müssen noch akute Entzündungen ausgeschlossen werden, die auch eine starke Temperaturerhöhung bewirken können.

Findet man dagegen isolierte warme Bereiche, die zu ihrer Umgebung eine Temperaturdifferenz von 1,3 bis 1,5 Grad und zur Gegenseite auch nur eine von maximal 1,5 Grad aufweisen, sollten stets alle weiteren zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden herangezogen werden, da sich hinter diesen Werten ein Carcinom verbergen kann. Eine nur thermographisch bewiesene Malignitätsdiagnose wird sich nicht oft stellen lassen; die Thermographie besitzt nur in Verbindung mit anderen diagnostischen Verfahren eine hohe Aussagekraft.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Das Temperaturverteilungsmuster der weiblichen Brust, dargestellt in Thermogramm und Infrarotphoto, wird hauptsächlich durch das Gefäßbild geprägt.
2. Die Gefäßbilder in Thermogramm und Infrarotphoto stimmen nicht immer völlig überein.
3. Das Alter der Frauen hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Wärmestruktur der Brust.
4. Bei Adipositas findet sich im Thermogramm eine Zunahme der fleckigen Temperaturverteilungsmuster.
5. Hormonpräparate bewirken im allgemeinen keine Änderung des thermographischen Musters, lediglich eine beidseitige Temperaturerhöhung über dem Gefäßsystem.
6. Ein isolierter warmer oder kalter Bereich im Thermogramm läßt sich in der Regel palpatorisch nachweisen.
7. Eine Temperaturdifferenz von 1,3 bis 1,5 Grad zwischen isolierten warmen Bereichen und ihrer Umgebung kann ein Hinweis auf ein Carcinom sein. In diesen Fällen kann eine Temperaturdifferenz von mehr als 1,5 Grad zu identischen Punkten der Gegenseite auftreten, man muß jedoch auch mit thermographisch stummen Carcinomen rechnen.
8. Eine gründliche Abkühlung der Haut vor und bei der thermographischen Untersuchung vergrößert den Temperaturumfang und erhöht die Temperaturdifferenzen und damit die Aussagekraft des Thermogramms.

Literatur

1. CZERNY, M.: Über Photographie im Ultraroten. Z. Phys., 53, 1 (1929).
2. EIGEL, M.: Die Ultrarotstrahlung des menschlichen Körpers. Elektromedizin, Bd.7, 62, Nr.1, (1962), 13-23.
3. EIGEL, M.: Klinisch-physiologische Ergebnisse der Ultrarotdiagnostik. Arch. phys. Ther., 65 (1965), 283-286.
4. GERSHON-COHEN, J.: A short History of medical Thermometry. Ann. N.Y. Acad. Sci. 121, Art. 1 (1964), 4-11.
5. GERSHON-COHEN, J., S.M. BERGER, J.D. HABERMAN u. R.B. BARNES: Thermography of the Breast. Amer. J. Roentgenol. 91, No.4 (1964), 919-926.
6. GERSHON-COHEN, J., S.M. BERGER, J.D. HABERMAN u. E.E. BRUESCHKE: Advances in Thermography and Mammography. Ann. N.Y. Acad. Sci., 121, Art. 1 (1964), 283-300.
7. GERSHON-COHEN, J. u. J.D. HABERMAN: Medical Thermography. Amer. J. Roentgenol., 94, No. 3 (1965), 735-740.
8. GÜPFERT, H.: Die Abstrahlung der menschlichen Haut. Arch. phys. Ther. 4/65, (1965), 209-220.
9. GROS, Ch. u. P. BOURJAT: Die Anwendungsmöglichkeiten der Thermographie. Fortschr. Roentgenstr., Band 106, 4 (1967), 561-567.
10. HERSCHEL, Sir J.: Account of a process for rendering visible the calorific spectrum by its effects on paper properly prepared and some further results obtained respecting the distribution of heat therein. Phil. Trans. Roy. Soc., 131 (P.I) (1840), 52.

11. HERSCHEL, Sir W.: Investigation of the powers of the prismatic coulers to heat and illuminate objects. Phil. Trans. Roy. Soc., 90 (1800), 255.
12. HOFFMAN, L. u. A. DIMATTIA: Clinical Use of the Infrared Thermogram. Arch. intern. Med., 113, (1964), 218-224.
13. JÄRVENSTEDT, R.: Infrarotkamera mit sofortiger Bildwiedergabe für Forschung und Industrie. AGA-Sonderdruck Dt. Maschinenwelt, 12 (1968), 68.
14. KAYE, D.: Liquid cristals: Material with a hot future. Electronic Design, Vol.18, No.19 (1970), 76-81.
15. KROEBEL, W. u. K. VANSELOW: Aufbau und Wirkungsweise einer Strahlungsmeßanordnung zur Messung der Feinstruktur der Körperstrahlung des Menschen. Z. angew. Phys., 13, Heft 7 (1961), 322-329.
16. LAWSON, R.: Thermography - a new Tool in the Investigation of Breast Lesions. Canad. Serv. Med. J., 13 (1957), 517.
17. LAWSON, R.: A New Infrared Imaging Device. Canad. Med. Ass. J., 79 (1958), 402-403.
18. LAWSON, R. u. M.S. CHUGTAI: Breast Cancer and Body Temperature. Canad. Med. Ass. J., 88 (1963), 68-70.
19. LAWSON, R.: Early Applications of Thermography. Ann. N.Y. Acad. Sci., 121, Art.1 (1964), 31-33

20. LAWSON, R.: A Technique for Identifying Suitable Veins for Blood Sampling in Breast Cancer. Canad. Med. Ass. J., 94 (1966), 451.
21. LLOYD WILLIAMS, K.: Pictorial Heat Scanning. Phys. in Med. Biol., 9, No.4 (1964), 433-456.
22. LLOYD WILLIAMS, K.: Temperature measurement in Breast disease. Ann. N.Y. Acad. Sci., 121, Art.1 (1964), 272-281.
23. MÄURER, H.-Chr.: Thermographie - ein Fortschritt in der Strahlendiagnostik. Medizinal-Markt / Acta Medico-technica, Nr.11 (1964).
24. NOTTER, G. u. O. MELANDER: Thermographische Untersuchungen bei Erkrankungen der Brustdrüse. Fortschr. Röntgenstr., Band 105, H.5 (1966), 657-664.
25. NOTTER, G. u. O. MELANDER: Klinische Diagnostik mit Thermovision. Röntgenblätter, 21 (1968), 49-59.
26. WILHELM, R.: Eine moderne Infrarotkamera für die medizinische Thermographie. Elektromedica, 1/69 (1969), 8-10.
27. ZERNICKE, U.: Klinische Thermographie - Wärmegradschreibung des menschlichen Körpers. Röntgenpraxis 18 (1965), 175-178.

Lebenslauf

Ich, Barbara Thiele, wurde am 10. Januar 1947 als Tochter des Internisten Dr. Rolf Thiele und seiner Ehefrau Eva, geb. Magerfleisch, in Berlin geboren. Von 1953 bis 1957 besuchte ich die 4. Grundschule, von 1957 bis 1966 das altsprachliche Goethe-Gymnasium in Berlin-Wilmersdorf. Im März 1966 erlangte ich mit dem Abitur die Hochschulreife; am 17.5.1966 wurde ich an der medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Nach dem Wintersemester 1966/67 legte ich das Vorphysikum, nach dem Sommersemester 1968 das Physikum ab. Während der klinischen Semester studierte ich bis auf das Sommersemester 1969 (in Wien) weiterhin in Berlin.

Am 8. Februar 1972 bestand ich das medizinische Staatsexamen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof.
Dr. med. H. Ernst für die Überlassung des Themas
und seine fachliche Unterstützung zu danken.

Außerdem danke ich Herrn Prof. Dr. med. H. Oeser
als Leiter der Strahlenklinik des Klinikum Steglitz
für die Möglichkeit, in seinem Institut Patienten
untersuchen zu dürfen, sowie allen Mitarbeitern der
Strahlentherapeutischen Abteilung, insbesondere
Herrn M. Johne, die sich mir bei dieser Aufgabe
bereitwillig mit ihrem Rat zur Verfügung stellten.

